

**DEMANDE
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

A2

(21)

N° 76 31408

Se référant : au brevet d'invention n. 76.03308 du 6 février 1976.

(54) **Four pour très hautes températures.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). **F 27 D 11/06; C 03 B 37/02; F 27 D 7/06;
H 05 B 5/02.**

(22) Date de dépôt **19 octobre 1976, à 15 h 56 mn.**

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande **B.O.P.I. — «Listes» n. 20 du 19-5-1978.**

(71) Déposant : **ETAT FRANÇAIS**, représenté par le Secrétaire d'Etat aux Postes et
Télécommunications (Centre National d'Etudes des Télécommunications), résidant en
France.

(72) Invention de : **Alain Gouronnec et François Haussonne.**

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : **Cabinet René Martinet.**

Certificat(s) d'addition antérieur(s) :

On connaît par le brevet principal un four à induction pour hautes températures, notamment supérieures à 2300°, et utilisable en particulier à l'étirage de matériaux filables, par exemple de préformes à base de silice pour fibres optiques, four comportant au moins un laboratoire constitué par un alésage, communiquant par ses deux extrémités avec l'atmosphère extérieure, dans un élément chauffant, lui-même entouré d'un enroulement d'induction et placé dans une enceinte dans laquelle débouche une arrivée de gaz inerte vis-à-vis de l'élément chauffant, des arrivées du même gaz inerte disposées aux deux extrémités dudit alésage et créant un manchon gazeux de protection intérieure contre l'oxydation du laboratoire correspondant, enfin une extraction de gaz à partir de l'enceinte.

Les principaux avantages d'un tel four ont déjà été indiqués par le brevet principal :

- montée et descente en température très rapides (de l'ordre de 5 minutes chacune) ;
- facilité d'accès au laboratoire des deux côtés de celui-ci en cours de fonctionnement du four ;
- possibilité d'obtenir un gradient thermique très élevé et à symétrie de révolution autour de l'axe géométrique du laboratoire;
- facilité de remplacement de l'élément chauffant (pouvant s'effectuer en moins de 10 minutes lorsque le four est froid.)

Un tel four comportant un seul laboratoire a déjà permis d'étirer des préformes de 6 à 8 mm de diamètre et de 20 à 25 cm de longueur en fibres de 110 à 120 µm de diamètre et d'une longueur utilisable de 700 à 800 m (il peut exister une certaine longueur de rebut correspondant au début et à la fin du fibrage) à une vitesse de l'ordre de 60 m/min. Compte-tenu des temps de montée et de redescende en température, chaque opération de fibrage de la sorte demande de l'ordre de 30 minutes.

La fibre obtenue présente un affaiblissement de l'ordre de 2 dB/km qui correspond aux meilleures performances actuellement connues.

D'un autre côté, il y a intérêt pour des raisons économiques à utiliser un élément chauffant en graphite. La durée de vie de cet élément dépend essentiellement d'un bon agencement des flux de gaz inerte protecteur. Actuellement, la durée de vie en service est de l'ordre de quelques heures, mais on peut envisager dès maintenant que cette durée de vie utile pourra être portée à plusieurs dizaines d'heures, voir à plus d'une centaine d'heures.

Un problème reste posé qui consiste à augmenter la cadence de production de fibre optique.

Une première solution consiste à augmenter sur un four à un seul laboratoire la vitesse de présentation de la préforme, donc d'extraction de la fibre, en augmentant la puissance d'induction. Malheureusement, cette puissance nécessaire est une fonction très rapidement croissante de cette vitesse.

La présente invention a essentiellement pour but d'augmenter la cadence de production de fibre optique sans augmentation corrélative de la puissance électrique dépensée.

A cette fin, un four à induction du type initialement défini se caractérise suivant l'invention en ce que ledit élément chauffant, de forme cylindrique, est percé d'une pluralité de laboratoires identiques dont les axes sont régulièrement échelonnés sur un cylindre de perçage correspondant à la région de température maximale créée par l'enroulement d'induction.

Cette région de température maximale correspond à la distance de pénétration des courants induits dans l'élément chauffant, étant entendu que cette profondeur dépend d'un certain nombre de paramètres tels que fréquence du courant d'induction, nature et degré de pureté du matériau constitutif de l'élément chauffant, nombre et diamètre des laboratoires, etc ..

En partant du four décrit par le brevet principal, on a eu la surprise de constater qu'en pratiquant dans l'élément chauffant une pluralité de laboratoires disposés comme on vient de le dire, au lieu d'un seul, on pouvait sans aucune autre modification, et notamment de la puissance dépensée, effectuer l'étirage en parallèle d'autant de préformes, et cela à la même vitesse que celle indiquée ci-dessus.

L'expérience a montré que dans le cas d'un élément chauffant en graphite, cette profondeur de pénétration pouvait, pour une fréquence de 50 kHz, être de l'ordre de 7 mm permettant de réaliser des laboratoires de 10 mm de diamètre, suffisants pour réaliser un étirage de préformes en fibres optiques.

Avantageusement, l'élément chauffant est percé en outre d'une cheminée cylindrique coaxiale d'un diamètre permettant de symétriser la température de part et d'autre dudit cylindre de perçage des laboratoires.

Cette symétrisation a évidemment l'intérêt de permettre un étirage en fibre suivant l'axe de la préforme, donc présentant une

bonne symétrie de révolution (coeur et gaine).

Pour bien faire, chaque laboratoire est alimenté intérieurement en gaz inerte à chacune de ses extrémités par une pluralité de buses disposées en couronne d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur du laboratoire et inclinées sur l'axe géométrique de ce laboratoire de manière que le flux gazeux émis par chaque buse s'enfonce d'un mouvement hélicoïdal dans le laboratoire correspondant.

On est ainsi assuré d'un balayage optimal par le gaz inerte du pourtour intérieur de chaque laboratoire.

En partant ainsi de l'élément chauffant pourvu, d'après le brevet principal, de fentes longitudinales supérieures et inférieures, il est indiqué que ces fentes soient en nombre égal à celui des laboratoires et disposées chacune à égale distance des deux laboratoires les plus proches situés de part et d'autre.

On obtient de cette façon une distribution plus régulière de la température au long du cylindre de perçage des laboratoires.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un tel four à induction et à l'examen des dessins annexés correspondants, dans lesquels :

- la fig. 1 est une vue d'un four à induction suivant l'invention, en coupe suivant son plan vertical de symétrie ;
- les figs. 2 et 3 sont des vues en coupe de l'élément chauffant de ce four, vues prises suivant les lignes II-II de la fig. 3 et III-III de la fig. 2 respectivement ;
- les figs. 4 et 5 sont des vues du support d'étanchéité de l'élément chauffant, la première étant une vue en coupe suivant la ligne IV-IV de la fig. 5 et la seconde une vue par le dessous prise suivant les flèches V-V de la fig. 4 ;
- les figs. 6 et 7 sont des vues de l'injecteur inférieur d'argon, la première étant une vue en coupe suivant la ligne VI-VI de la fig. 7 et la seconde une vue par le dessus prise suivant les flèches VII-VII de la fig. 6 ;
- la fig. 8 est un diagramme donnant dans un tel four en fonctionnement l'allure de la distribution des températures dans une section diamétrale passant par les axes de deux laboratoires opposés.

Tel qu'il est représenté à la fig. 1, un four à induction suivant l'invention comporte une enceinte 10 de forme générale cylindrique, par exemple en alliage léger soudable tel que celui

dit AG5. Sur cette enceinte est piquée latéralement une tubulure 20 également cylindrique en matériau similaire au précédent, cette tubulure latérale servant notamment à la préhension de l'ensemble.

L'enceinte 10 renferme coaxialement un élément chauffant 30
5 constitué par un bloc cylindrique de graphite percé d'une part de quatre alésages identiques $31_1 - 31_4$ dont les axes géométriques sont régulièrement distribués sur un cylindre de perçage coaxial au bloc et qui constituent les laboratoires, d'autre part un alésage central 32.

10 L'élément chauffant 30 (voir figs. 2 et 3) est en outre creusé de fentes radiales, à 90° l'une de l'autre, chacune à égale distance des deux laboratoires les plus proches, ces fentes toutes de même hauteur, par exemple du tiers de la hauteur total du bloc 30, les unes $33_1 - 33_4$ partant de la face frontale inférieure du bloc,
15 les autres $33'_1 - 33'_4$ de la face frontale supérieure de celui-ci. Ces fentes ont le double rôle d'une part d'empêcher les courants de Foucault de circuler aux extrémités du bloc 30, et de limiter en conséquence le "zone chaude" du bloc à sa partie centrale, d'autre part de permettre -- comme on le verra plus clairement
20 ci-dessous -- au gaz inerte insufflé à l'intérieur des laboratoires de s'échapper dans l'espace intérieur à l'enceinte 10.

L'élément chauffant 30 est inséré à frottement doux dans un manchon 34 de silice, lui-même étroitement entouré par un enroulement 40 qui est le siège d'un courant inducteur à moyenne fréquence, par exemple de 50 kHz. Le rôle du manchon de silice 34
25 est double. Il assure la protection extérieure du bloc de graphite 30; entre graphite et silice se forme en effet à haute température du carbure de silicium qui n'est pas sensible à l'oxydation; compte-tenu des contraintes de dilation dues aux températures élevées qui
30 sont atteintes, cette couche de protection ne pourrait subsister en place si elle n'était pas constamment maintenue et au besoin renouvelée par la silice restant constamment présente; cet artifice permet de ne pas se soucier exagérément de la protection vis-à-vis de l'oxydation de la surface latérale extérieure du bloc de gra-
35 phite 30. Le manchon de silice 34 assure d'autre part un bon isolement électrique du bloc de graphite 30 vis-à-vis des spires de l'enroulement d'induction 40 et en même temps un très bon couplage, l'espacement des surfaces extérieures du bloc et des spires étant très faible, par exemple de l'ordre de 2 mm. Le manchon de silice
40 34 est d'une hauteur quelque peu inférieure à celle du bloc 30 de

façon à permettre au gaz inerte filtrant par les fentes de celui-ci de passer, comme on l'a déjà dit, vers l'intérieur de l'enceinte 10.

La protection de la surface latérale intérieure de chacun des laboratoires est assurée par un manchon de gaz inerte, par exemple d'argon, obtenu de la façon suivante.

Une source d'argon (non représentée) débite ce gaz sur trois conduits 50, par exemple en alliage dit AG5, 51, 51' par exemple en verre dit Pyrex (ainsi que leurs prolongements); ces trois conduits sont pourvus chacun d'une vanne de réglage de débit. Le conduit 50 débouche directement dans l'enceinte 10, sensiblement à mi-hauteur de celle-ci. Un autre conduit 51 pourvu d'une articulation à rotule 52 se termine par un tore creux 53, sur lequel sont articulées des dériviatiions 54₁ - 54₄, en nombre égal à celui des laboratoires, chacune de ces dériviatiions étant de forme hélicoïdale axée sur un laboratoire correspondant et elle-même ramifiée en plusieurs (ici quatre) pointes terminales creuses 55₁ - 55₄, également hélicoïdales et débouchant en quatre points formant les sommets d'un carré positionné quelque peu au dessous du débouché inférieur du laboratoire correspondant et dont la projection sur le plan de ce débouché est inscriptible dans le cercle constitué par ce débouché. L'ensemble du conduit 51, de ses dériviatiions et ramifications terminales sera appelé par la suite injecteur inférieur d'argon. (voir figs. 6 et 7).

Le troisième conduit 51' et ses prolongements sont agencés exactement comme ledit injecteur inférieur d'argon et positionnés de façon analogue à celui-ci vis-à-vis des débouchés supérieurs des laboratoires de façon à constituer un injecteur supérieur d'argon.

De cette façon, les deux injecteurs inférieur et supérieur d'argon font s'échapper dans chacun des différents laboratoires des courants élémentaires d'argon qui s'enfoncent hélicoïdalement dans ces laboratoires, les deux courants, ascendant et descendant d'argon, allant dans chaque laboratoire à la rencontre l'un de l'autre et réalisant ainsi un manchon gazeux qui balaye constamment la surface latérale intérieure de ce laboratoire en réalisant ainsi sa protection contre l'oxydation. L'échappement de ce gaz sera vu plus loin.

Le bloc de graphite 30 est supporté à l'intérieur de l'enceinte 10 et celle-ci est rendue étanche à ses deux extrémités frontales, au moyen des éléments suivants.

En bas de l'enceinte 10 un capot plat 61 en forme de couronne circulaire et en ciment amianté, par exemple en celui vendu sous le nom de "MARINITE" par la Société dite SERRITTE de 60470 Villers Saint-Paul, a une ouverture centrale évasée vers l'extérieur pour permettre le placement et le positionnement de l'injecteur inférieur d'argon, et un épaulement périphérique 62 dans lequel s'engage à frottement doux la tranche inférieure du cylindre constituant l'enceinte 10. Le capot 61 est fixé à l'enceinte 10 au moyen de vis (non représentées). Sur ce capot repose une plaque 63, également en forme de couronne circulaire, mais en brique réfractaire alumineuse stabilisée à l'aide d'un durcisseur à base de silice colloïdale; enfin, dans l'ouverture centrale de cette plaque est inséré, pour reposer sur celle-ci, un anneau circulaire 64 (voir figs. 4 et 5) par exemple en silice vitreuse dont la section radiale est en forme de gamma majuscule et qui coopère étroitement de façon étanche avec la brique 63; cet anneau 64 est porteur du bloc 30 et présente, pour positionner celui-ci, quatre tétons 65₁ - 65₄ s'engageant dans quatre alvéoles complémentaires 35₁ - 35₄ faisant saillies sur le pourtour de la base du bloc 30.

En haut de l'enceinte 10, un capot 61', une plaque 63' et un anneau 64' ont des constitutions et des formes - sinon des épaisseurs - identiques à celles des éléments 61, 63, 64 respectivement que l'on vient de décrire, mais n'ont qu'un rôle de fermeture étanche de l'enceinte 10, et non plus de portage du bloc 30. On remarquera en particulier que la brique 63' est espacée du capot 61' et repose sur le pourtour extérieur de l'anneau 64'.

La tubulure cylindrique latérale 20 de l'enceinte 10 est de son côté fermée par un capot plat 66, également en ciment amianté. Ce capot est traversé par les conducteurs tubulaires 41, 41' en cuivre recuit, refroidis intérieurement par un courant de fluide réfrigérant par exemple d'eau. Les traversées sont constituées chacune par une tige creuse par exemple en laiton 42 (respectivement 42') soudée à l'étain à chacune de ses extrémités sur le conducteur correspondant; chacune de ces tiges est extérieurement filetée pour recevoir deux écrous 43, 44 intérieur et extérieur respectivement à l'enceinte 10, et permettant de régler finement la position de l'enroulement inducteur 40 donc de l'élément chauffant lui-même 30 dans l'en-

ceinte 10 (pour plus de simplicité ces écrous n'ont été représentés que sur la tige 42). Le capot est traversé d'autre part par un conduit 56 par exemple en cuivre relié à une pompe à vide (non représentée) et servant à extraire l'argon de l'enceinte 10.

- 5 Bien entendu ces différentes traversées comportent des joints d'étanchéité (non autrement précisés).

Enfin l'enceinte 10 est refroidie extérieurement par un fluide réfrigérant tel que ^{de} l'eau circulant dans un serpentín 70.

- 10 Le remplacement de l'élément chauffant 30 peut être exécuté à froid très facilement et très rapidement, en l'espace d'une dizaine de minutes comme on l'a déjà dit.

- 15 Pour retirer du four le bloc 30 ancien, il suffit en effet d'enlever successivement le capot 61', la brique 63' et l'anneau 64', puis d'extraire le bloc 30. Ce bloc 30 peut rester collé au manchon de silice 34 mais s'en détache très facilement. Le manchon 34 peut être réutilisé.

La mise en place d'un bloc 30 neuf se fait par les opérations inverses.

EXEMPLE.

- 20 On a construit un four à induction conforme à la description qui précède et dont les divers éléments avaient les dimensions suivantes :

| | | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|
| Enceinte | { Diamètre | 100 mm |
| | { Hauteur | 110 mm |
| 25 Élément chauffant en graphite | { Hauteur | 55 à 60 mm |
| | { Diamètre extérieur | 39 mm |
| | { Diamètre du cylindre de perçage des laboratoires | 27 mm |
| | { Diamètre de chaque laboratoire | 10 mm |
| 30 | { Diamètre du trou central | 8 mm |
| 35 Manchon de silice | { Diamètre intérieur | 39 mm |
| | { Diamètre extérieur | 43 mm |

- 40 On a pu au moyen d'un tel four obtenir en fonctionnement une distribution des températures qui, dans une coupe suivant un plan diamétral de l'élément chauffant passant par les axes de deux laboratoires opposés, se présente comme l'indique la fig. 8

REVENDICATIONS

- 1 - Four à induction pour hautes températures, notamment supérieures à 2300°, et utilisable en particulier à l'étirage de matériaux filables, par exemple de préformes à base de silice pour fibres optiques, four comportant au moins un laboratoire
5 constitué par un alésage, communiquant par ses deux extrémités avec l'atmosphère extérieure, dans un élément chauffant lui-même entouré d'un enroulement d'induction et placé dans une enceinte dans laquelle débouche une arrivée de gaz inerte vis-à-vis de l'élément chauffant, des arrivées du même gaz inerte disposées
10 aux deux extrémités dudit alésage et créant un manchon gazeux de protection intérieure contre l'oxydation du laboratoire correspondant, enfin une extraction de gaz à partir de l'enceinte, le tout suivant brevet principal correspondant à la demande P.V. N° 76-03308 du 6 février 1976, caractérisé en ce que ledit élément
15 chauffant, de forme cylindrique, est percé d'une pluralité de laboratoires identiques, dont les axes sont régulièrement échelonnés sur un cylindre de perçage correspondant à la région de température maximale créée par l'enroulement d'induction.
- 2 - Four à induction selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément chauffant est percé en outre d'une cheminée
20 cylindrique coaxiale d'un diamètre permettant de symétriser la température de part et d'autre dudit cylindre de perçage des laboratoires.
- 3 - Four à induction selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque laboratoire est alimenté intérieure-
25 ment en gaz inerte à chacune de ses extrémités par une pluralité de buses disposées en couronne d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur du laboratoire et inclinées sur l'axe géométrique de ce laboratoire de manière que le flux gazeux
30 émis par chaque buse s'enfonce d'un mouvement hélicoïdal dans le laboratoire correspondant.
- 4 - Four à induction selon l'une des revendications 1 à 3 et où l'élément chauffant comporte des fentes longitudinales
supérieures et inférieures, caractérisé en ce que lesdites
35 fentes sont en nombre égal à celui des laboratoires et disposées chacune à égale distance des deux laboratoires les plus proches situés de part et d'autre.

FIG.1

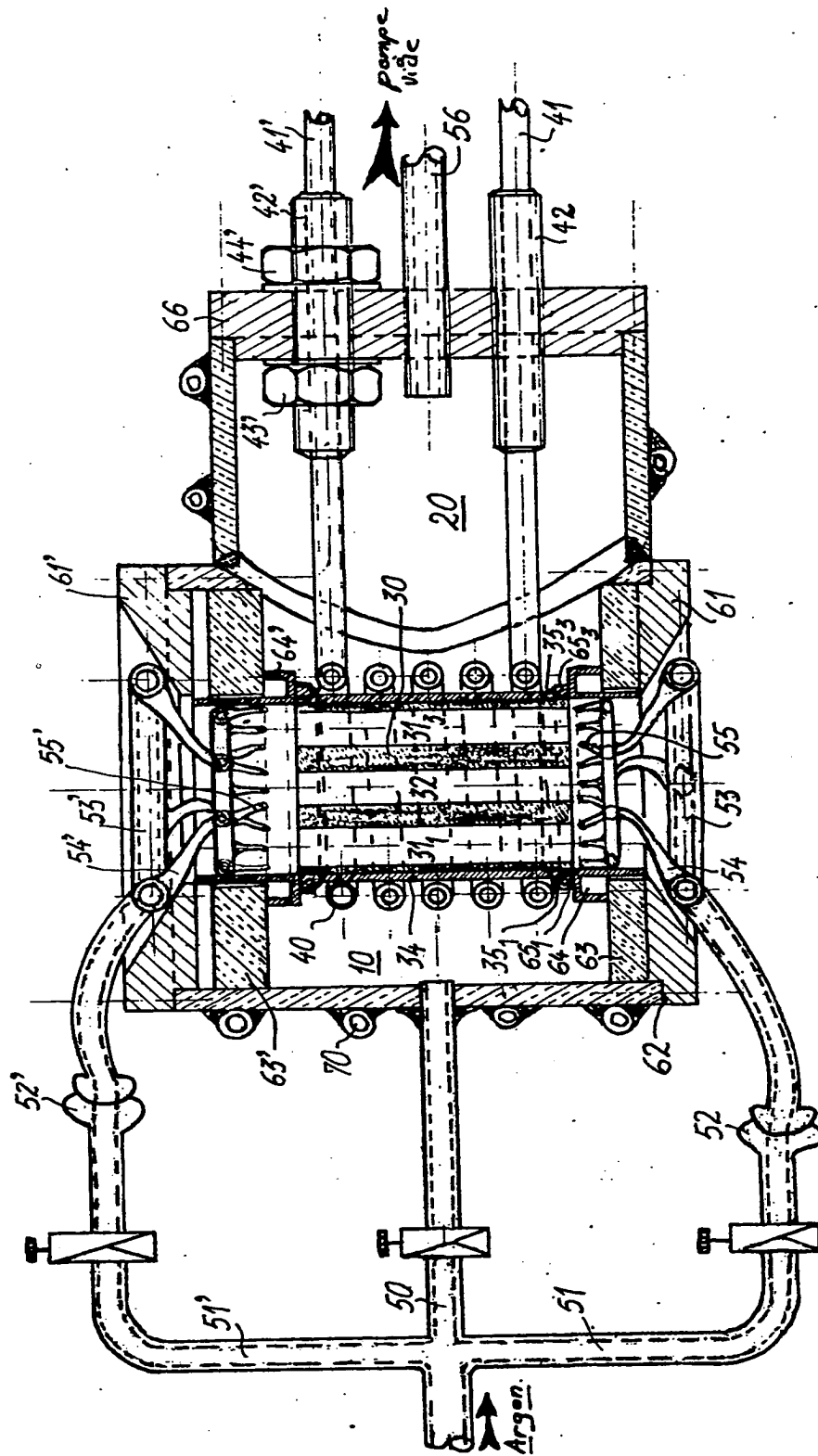


FIG.2

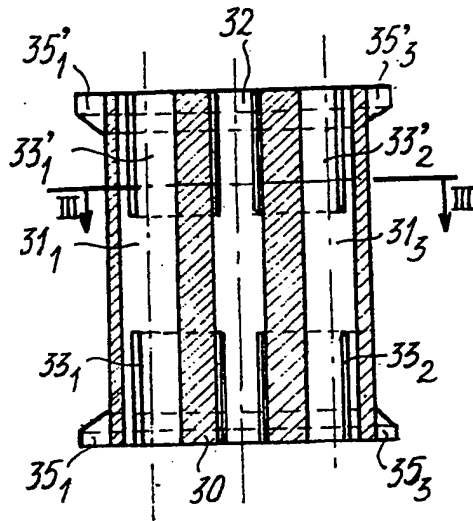


FIG.4

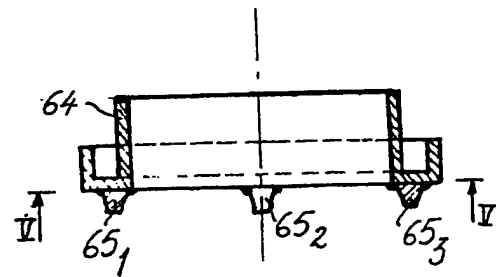


FIG.3

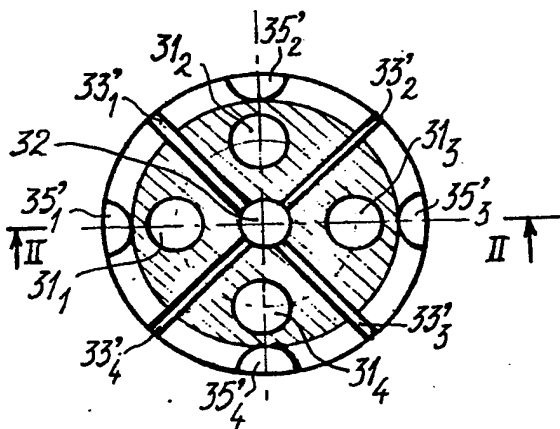
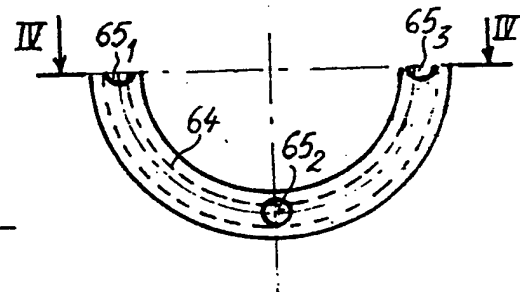


FIG.5



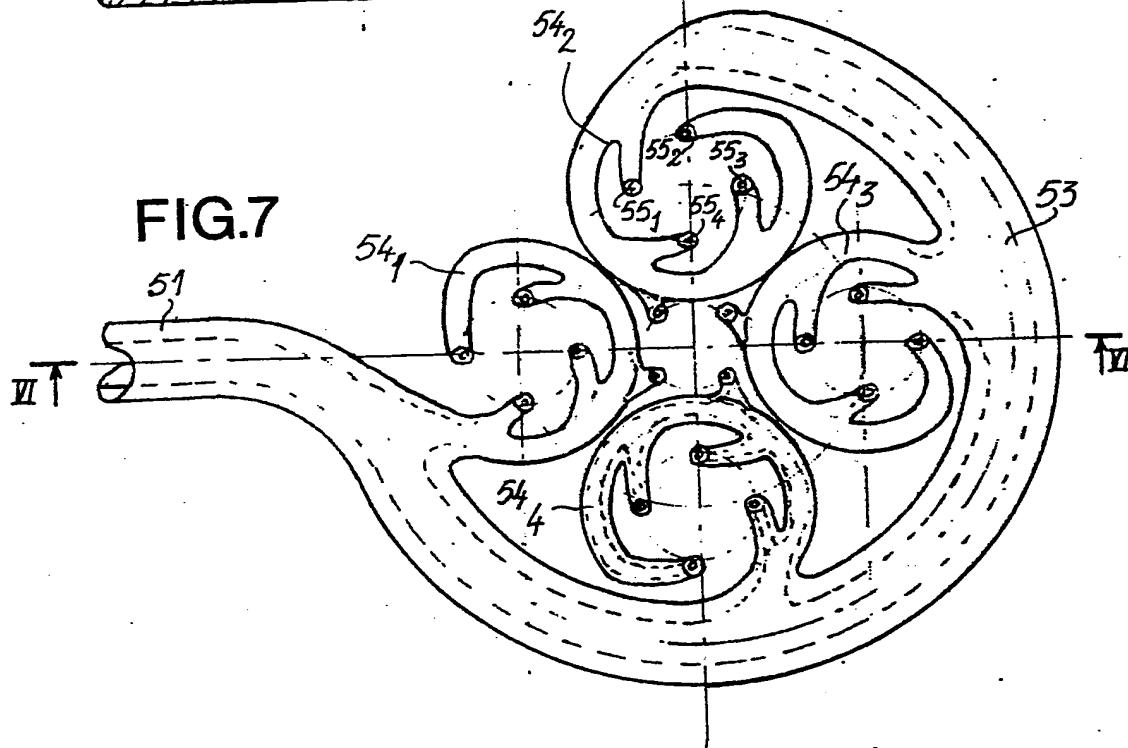
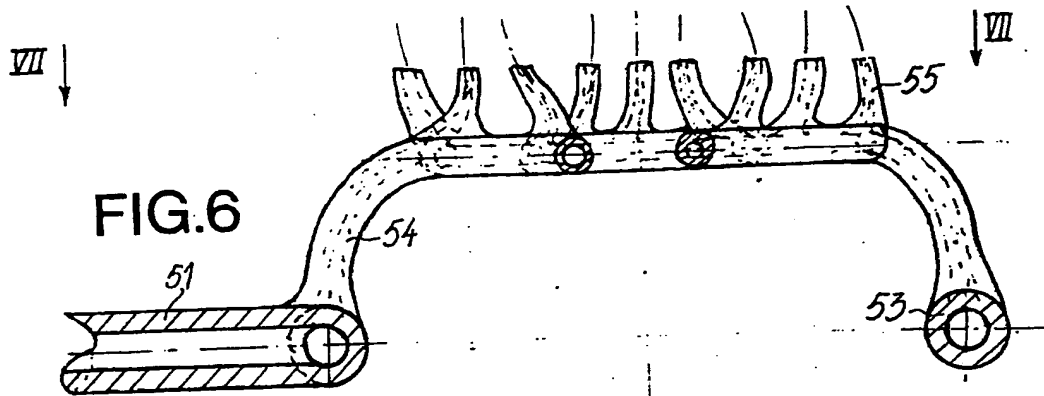


FIG.8

